

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-107281

⑬ Int. Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)4月8日

C 23 F 4/00

C 7179-4K

G 11 B 5/127

E 7179-4K

5/31

F 6789-5D

H 01 F 41/14

G 7326-5D

9057-5E

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全12頁)

⑮ 発明の名称 Feを含む物質のエッチング方法およびエッチング装置

⑯ 特 願 平2-224596

⑰ 出 願 平2(1990)8月27日

⑱ 発 明 者 木 下 啓 蔵 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

発明の名称 Feを含む物質のエッチング方法  
およびエッチング装置

特許請求の範囲

(1)試料表面に形成されたFeを含む物質のエッチング方法において、試料を真空中で250°C以上でこの試料の融点以下の温度範囲に加熱しつつ、塩素系ガスの雰囲気中で反応性エッチングを行う工程と、試料表面に残留したエッチング残留物を完全に塩素系ガスと反応させる後処理工程と、前記試料を純水中に保持し、前記後処理工程で生成したエッチング生成物を溶解除去する純水処理工程とをこの順に行うことを特徴とするFeを含む物質のエッチング方法。

(2)前記後処理工程が、塩素系ガスの減圧雰囲気中または真空中で、250°C以上でこの試料の融点以下の温度範囲にこの試料を加熱保持する工程であることを特徴とする請求項1記載のエッチング方法。

(3)前記後処理工程が、250°C以上でこの試料の融点以下の温度範囲で試料を加熱しつつ、塩素系ガスに不活性ガスのうちの少なくとも一種を添加したガスのイオンシャワーを低加速電圧で試料に照射する工程であることを特徴とする請求項1記載のエッチング方法。

(4)反応性エッチング用チャンバーと、このチャンバーと接続された後処理用チャンバーと、この2つのチャンバー各々に連結された真空排気機構と、前記2つのチャンバー内に各々配置された試料保持用基板と、前記後処理用チャンバーに反応性ガスを導くためのガス導入機構と、前記2つのチャンバーに設けられた試料加熱機構とからなることを特徴とするエッチング装置。

(5)請求項4記載のエッチング装置にさらに、前記後処理用チャンバーと接続された純水処理用チャンバーと、この純水処理用チャンバーに接続された真空排気機構と、純水処理用チャンバー内に純水を導入する純水導入機構と、前記純水導入機構により導入された純水に超音波を印加する超音波

印加機構と、前記純水処理用チャンバー内の純水を排出する排水機構とを備えたことを特徴とするエッチング装置。

(6)請求項4記載のエッチング装置において、前記後処理用チャンバー内に純水を導入する純水導入機構と、前記純水導入機構により導入された純水に超音波を印加する超音波印加機と、前記後処理用チャンバー内の純水を排出する排水機構とを備えたことを特徴とするエッチング装置。

(7)請求項4記載のエッチング装置において、前記ガス導入機構にかえて、低加速電圧制御対応型イオンシャワー源を設けたことを特徴とするエッチング装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、薄膜磁気ヘッド、磁気センサー等の磁極に用いられているFeを含む物質のエッチング方法およびこれに用いるエッチング装置に関するものである。

(従来技術)

ば純FeとPRのエッチングレート比は約2:1と実用上不十分な値である。例えば3 $\mu$ m厚の純Feをエッチングする際には、最低でも約1.5 $\mu$ m厚の、実質的にはプロセスマージンを考慮して2 $\mu$ m以上の厚みの垂直なPRパターンを形成する必要がある。しかしこのような長方形断面の垂直PRパターンは、形成が困難であった。またエッチングレートも150Å/min程度であるため、例えば3 $\mu$ mの厚みをエッチングするのに200minかかるので、上記従来技術を応用した製品はスループットが上がらず、製品価格が高くなるという問題があった。さらに最も問題となるのは、加工されたFeを含む物質の断面形状である。第6図(A)に示すように3 $\mu$ m幅の長方形断面を持ったPRパターンで、アルゴンイオンミリング法を適用すると、Feを含む物質は第6図(B)に示すような台形の断面形状にエッチングされる。このように従来技術によると断面形状が台形となるため、薄膜磁気ヘッド作製プロセスに適用した場合、①記録トラック幅が上部と下部で大きく異なってしまうため、磁気ヘッドとしての基本特性を決める

従来、Feを含む物質をエッチングするには、アルゴンイオンビームエッチング装置によるイオンミリングが行われてきた。これは、イオン化したアルゴンガス等の不活性ガスを電界下で加速し、固体試料に照射するときに試料表面で起こるスパッタリング現象をエッチングに利用するものであり、物理的なエッチングといえる。通常アルゴンガスを用いたイオンミリングの条件は、アルゴンガス圧 $4 \times 10^{-4}$  torr、イオン加速電圧450V、イオン電流密度0.6mA/cm<sup>2</sup>、イオンビーム入射角0°から45°に設定され、そのエッチングレートとしてFe-Si-Al合金あるいは純Feの場合100ないし150Å/min程度、Ni-Zn-Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(フェライト)の場合200ないし250Å/min程度である。

(発明が解決しようとする課題)

上で述べた従来Fe系材料のエッチング技術のうち、アルゴンイオンミリングにおいては、物理的なエッチングであることからPR(フォトリソ)も同時にエッチングされるため、PRと被エッチング材料のエッチングの選択比に問題があり、例え

パラメーターの一つであるトラック幅の規定が不十分になる、②さらにトラック幅を小さくした場合に、上部磁極の断面が三角形状となるために挟トラック化して記録密度を上げるのに限界がある、等の問題が発生していた。

本発明の目的は、上記の各問題点を解決するFeを含む物質のエッチング方法およびエッチング装置を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明のFeを含む物質のエッチング方法は、試料を真空中で250°C以上で該試料の融点以下の温度範囲に加熱しつつ、塩素系ガスの雰囲気中で反応性エッチングを行う工程と、この工程後に試料表面に残留した未反応のFeを含むエッチング残留物を完全に塩素系ガスと反応させるための後処理工程と、この工程後に純水の流水中か、超音波を印加した純水槽中のいずれかに該試料を一定時間保持し、前記後処理工程で生成したエッチング生成物を溶解除去する純水処理工程とを含むことを特徴としている。後処理工程では、塩素系ガスの減

圧雰囲気中または真空中で250°C以上試料の融点以下に加熱することにより塩素系ガスと反応させる。また、上記温度範囲で塩素系ガスに不活性ガスのうちの少なくとも一種を添加したガスのイオンシャワーを低加速電圧で試料に照射することにより塩素系ガスと反応させる。

また、本発明のエッチング装置は、前記本発明のFeを含む物質のエッチング方法を実現するために、試料加熱の可能なエッチングチャンバーと、それとは別にエッチング後に試料表面に残留したエッチング残留物を完全に反応性ガスと反応させるための後処理用チャンバーを有することを特徴とする。さらに場合によっては後処理の後に、純水の流水中か、超音波を印加した純水槽中のいずれかに該試料を一定時間保持し、後処理工程で生成したエッチング生成物を溶解除去するための純水処理用チャンバーを別に有することを特徴としている。さらにエッチング条件に対する要請によっては、後処理用チャンバーを純水処理用チャ

ンバーと共用する装置構成を有することを特徴としている。

(作用)

前述したようにイオンミリング法ではFeを含む物質のエッチング後の断面が台形状となることから、本発明者は異方性加工の可能性を有する反応性イオンエッチング法によりFeを含む物質の加工を検討した(特願平1-231514号明細書参照)。その結果、反応性イオンエッチングでは、エッチング時の試料温度が、製品作製のスループットを決めるエッチングレートが大きく左右することがわかったので、温度とエッチングレートの間関係を調査した。

検討に用いた反応性イオンエッチング装置は第7図に示すような構成のものであり、エッチングは例えば以下の手順で行った。第7図において $1 \times 10^{-6}$  torr程度まで排気された、エッチング用チャンバー1中の基板7内部にヒーター3を装着し、基板7全体を約170°Cから約500°Cの任意の値に保った。そして該基板7上にサファイアウェハーにスパッタ成膜

した膜厚2 $\mu$ mのFeを含む物質(Si9.6wt%、Al5.4wt%、残部FeのFe-Si-Al合金)に厚さ2 $\mu$ m、幅3から10 $\mu$ mの長方形断面の無機材料(今回はSiO<sub>2</sub>を使用)でできたマスクパターンを形成した試料6を装着する。ここで、基板7には陽極板22との間に高周波が印加できるようになっている。基板7の周囲には試料表面に、塩素系ガス9として四塩化炭素を供給できるガス導入機構11が設けられており、エッチング用チャンバー1外から必要量の四塩化炭素を供給できるようになっている。

このような概略の装置及び試料を用い、ヒーター3により試料6を種々の温度に加熱保持し、四塩化炭素ガスの高周波プラズマ中で反応性イオンエッチングを行った。代表的なエッチング条件を以下に示す。

四塩化炭素流量 ..... 30SCCM

四塩化炭素ガス圧力 ..... 5Pa

高周波投入電力密度 ..... 0.43W/cm<sup>2</sup>

エッチング後試料6をエッチング用チャンバー1から取り出し、SEMを用いて試料の破断面を観察

し、エッチング量を測定することから、エッチングレートを求めた。この結果温度とエッチングレートの間関係として第8図の結果が得られた。このことから、試料温度約250°C以上ではエッチングレートが急激に上昇し、実用上全く問題のない非常に大きな値を示すことがわかった。

しかし、約250°Cでエッチングした試料のSEM観察の結果、この条件でもおよそ50%の試料表面に、エッチング残留物が発生するという問題点があることが明らかとなった。そしてさらにこの残留物のマイクロオーギュメント分析の結果、この残留物は試料温度200°Cのエッチングにおいて、約80%の試料表面で観察された残留物と同じものであることがわかった。

このことは、前記昇温手法でエッチングしたFeを含む物質の微細パターンを、そのまま薄膜磁気ヘッドに利用すると、エッチング残留物中のClのためFeを含む物質に対する腐食が進み、製品の長期信頼性に問題が生じる可能性があることを示している。この問題点の原因としてはFeを含む物質

を構成する元素のうち、特にFeの塩化物の蒸気圧が250°C程度ではまだ小さいため、塩素系ガスプラズマによるエッチングの生成物(塩化物)が試料表面から揮発せず、上述のエッチング残留物となるということが一因として考えられる。さらに、Feを含む物質に表面自然酸化皮膜、結晶粒界等の不均一が存在するため、Clとの反応が一部で進行しにくく、Feを含む物質がエッチング残留物として面内不均一に発生するということが一因と考えられる。

しかし、もしエッチング残留物がすべて塩化物であるならば、Feの塩化物をはじめとする各種元素の塩化物の多くが、水溶性を有することを利用して、純水処理によりエッチング残留物を除去できると考えられる。そこでClを主成分とするガスを用いたエッチング工程の後に、このような試料表面に残留した未反応のFeを含む物質を完全にClと反応させるための後処理工程と、この工程後に塩化物であるエッチング生成物を溶解除去する純水処理工程を付加することを検討した。

いる理由は、通常のイオンビームエッチングで用いるような500V程度の大加速電圧の装置を用いて検討を行った場合に発生した、サイドエッチングによるパターン変換差拡大、試料ウェハー面の損傷、試料の不要な昇温、低加速電圧条件下での使用時に発生したイオン電流の不安定化等の問題を回避できるためである。

またこれら後処理工程はさらに詳細な検討によると、以下に示すような理由から、エッチング用チャンバーとは別の、後処理専用のチャンバーで処理することが好ましいことがわかった。エッチング用チャンバー内で後処理を行うと、

①昇温を行うため、塩素系ガスにより試料を反応性エッチングする高価な機構(例えばカウフマンタイプの反応性イオンビームエッチング用イオン源)が、熱放射により消耗し易い。塩素系ガスを導入して昇温する場合は特に激しい。

②ガス中あるいは真空中で加熱を行うだけの工程でエッチング用チャンバーが占有されると、生産性が上がらない。

まず後処理工程では、本発明の詳細な研究により次の2種の工程において、特に顕著なエッチング残留物の塩化物化が確認された。

①真空中、あるいは塩素系ガスを導入した減圧雰囲気中で250°C以上で該試料の融点以下の温度範囲での加熱、一定時間保持という工程。

②試料を前記温度範囲で加熱保持しつつ、塩素系ガスを主成分としアルゴン、ネオン、ヘリウム等の不活性ガスを添加したガス系を用いて、200V程度の低加速電圧制御型のイオンシャワー源で軽く試料表面をエッチングするという、低エネルギーイオンシャワー照射という工程。

この両者を比較した場合、前者は装置構成が単純化でき、装置作製費用が大幅に低減できるという利点がある。また後者の利点はエッチング残留物を短時間で効率的に塩素系ガスと反応させることが可能であるという点と、パターン変換差が前者の方法よりも小さく、より微細なパターン精度の要求に対応可能であるという点にある。ここで低加速電圧制御型のイオンシャワーを特に指定して

③後処理工程は、エッチング時ほどの高い到達真空度を必要としないため、反応性エッチング用チャンバー及びその高価な排気系を用いることが、装置腐食の進行等の点から経済的でない。

④イオンシャワー照射を行う場合は、1つのチャンバーに2つのエッチング機構を搭載するのがチャンバーの構築上困難である。重量が過大になり、機構が複雑になる。

次に純水処理工程については、本発明者の詳細な研究により次の2種の工程でエッチング残留物のない、非常にクリーンな試料面が実現した。

①超音波を印加した純水槽中で試料を一定時間保持する工程

②純水を用いた流水中で試料を一定時間保持する工程

ただしこの純水処理工程は、水を用いる工程であり、超高真空を実現すべき反応性エッチング用チャンバーと純水処理を行うチャンバーを接続する場合、前者の到達真空度が上がりにくいという問題がある。本発明者の検討でも、純水処理用の

チャンバーをエッチング装置系に接続しなかった場合(第9図(A))には、試料準備室(ロードロックチャンバー)を別に設ける等の処置を施した結果、エッチング用チャンバーの到達真空度を $5 \times 10^{-11}$  torrまであげることが可能であったが、間に1つチャンバーを挟んで、純水処理用チャンバーを接続した場合(第9図(B))には、試料準備室を別に設けたとしても到達真空度として $1 \times 10^{-9}$  torrまで、エッチング用チャンバーに隣接して純水処理用(後処理兼用)チャンバーを接続した場合(第9図(C))には $1 \times 10^{-6}$  torrが、到達最高真空度であった。到達真空度は、加工可能最少パターン寸法に大きく影響し、到達真空度が高いほど微細なパターンの加工が可能である。

しかし、純水処理用チャンバーがエッチング装置系内に接続されている場合には、連続で試料(製品)の処理が可能なので、薄膜磁気ヘッド等の製品作製の量産性向上という点からは好都合である。さらに、本発明のFeを含む物質のエッチング方法を用いた、エッチング装置系全体(最後の純水処理

までを含め全工程を処理するのに必要な装置系)の小型化を推進できるため、装置作製費用、設置費用、設置面積の削減につながる。また、これが最も大きなメリットであるが、試料を昇温処理等の後処理工程後にチャンバー外に取り出す必要がないため、大気中の水蒸気、酸素等によるエッチング生成物及び、パターン部のFeを含む物質の酸化の問題がない。本発明者の検討中においても、後処理用チャンバーに隣接して純水処理用チャンバーを有しない構成のエッチング装置(第9図(A))を用いた場合には、後処理工程の後で試料を大気中に取り出した時に試料の変色、パターン側壁での腐食の発生等の問題を発生した場合があった。しかし、後処理用チャンバーに隣接して純水処理用チャンバーを有する構成のエッチング装置(第9図(B)、(C))を用いた場合には、そのようなことはなかった。

#### (実施例)

次に本発明のFeを含む物質のエッチング方法およびエッチング装置について、図面を参考にして

説明する。

#### 実施例1

実施例1において用いた装置は第1図に示すごとくものである。本図は装置を上方から見た模式図である。装置は大きく分けて、エッチング用チャンバー1、後処理用チャンバー2、と各々の試料準備用チャンバー23の各チャンバーと、前記各チャンバーに接続された真空排気機構4、4'及び接続部分5から構成されている。また各チャンバー内には試料6を保持する基板7が設けられている。エッチング用チャンバー1と後処理用チャンバー2の側面の、試料を望む位置には石英窓が設けられており、そこからレーザー光8を導入できるようになっている。なおこのレーザー光8は基板7面上を走査することにより、試料6表面の昇温を可能にしている。さらにエッチング用チャンバー1の試料6を望むことのできる壁面には、塩素系ガス9により試料6をエッチングする機構として、カウフマンタイプのイオン源10が装着されている。該ガスはガス導入機構11を介して、イオン源10と後処理用チャン

バー2の両方に任意の流量で供給することができる。また試料6は試料を移動する機構12を用いることにより接続部分5を通して、各チャンバー間を真空を保ったまま移動させることができる。

このような概略の装置を用いてエッチングを行った結果を次に示す。今回は、以下の構成で検討を行った。

真空排気機構4 ... イオンポンプ

真空排気機構4' ... ロータリーポンプ(流引き用)  
ターボ分子ポンプ

試料6 ..... サファイアウェハー上に  
1.2 $\mu$ m厚スパッタ成膜した  
Fe-Si-Al合金薄膜。  
マスクパターンはSiO<sub>2</sub>製  
で、幅0.5 $\mu$ m、厚さ1 $\mu$ m

レーザー光8 ... アルゴンレーザーのレーザー光

塩素系ガス9 ... 四塩化炭素

まずエッチング用チャンバー1内で試料6を真空中で昇温し、引き続き温度を保ったまま塩素系ガ

ス9を用いた反応性イオンビームエッチングを行う。エッチング条件を次に示す。

到達真空度	$5 \times 10^{-11}$ torr
四塩化炭素ガス流量	20SCCM
四塩化炭素ガス圧	$2 \times 10^{-4}$ torr
イオン加速電圧	500V
イオン電流密度	$0.9 \text{ mA/cm}^2$
イオンビーム入射角	$30^\circ$
試料温度	$350^\circ\text{C}$
エッチング時間	10分

次に試料を移動する機構12を用い、接続部分5を通過して後処理用チャンバー2に試料6を移した。後処理としては、四塩化炭素ガス雰囲気中での試料昇温保持を行った。後処理条件を次に示す。

到達真空度	$5 \times 10^{-10}$ torr
四塩化炭素ガス流量	30SCCM
四塩化炭素ガス圧	3Pa
試料温度	$350^\circ\text{C}$
処理時間	10分

実施例2において用いた装置は第2図に示すごときものである。以下実施例1と異なる点について説明する。エッチング用チャンバー1の壁面の試料を望む位置には石英窓が設けられており、窓外に設けられた赤外線ランプ13の赤外線照射により試料6を昇温できるようにになっている。さらにエッチング用チャンバー1の試料6を望むことのできる壁面には、塩素系ガス9により試料6をエッチングする機構として、分子ビーム源14が装着されている。分子ビーム源14は、該ガス9の分子を圧力差により該試料6に噴射するもので、該ガス9の反応性を利用して該試料6をエッチングするものである。後処理用チャンバー2の試料6を望むことのできる壁面には、塩素系ガスを主成分としアルゴン、ネオン、ヘリウム等の不活性ガス15を添加した混合ガスを用いる、低加速電圧制御対応型イオンシャワー照射機構として、イオンシャワー源16が装着されている。ここで塩素系ガスはガス導入機構11を介して、分子ビーム源14とイオンシャワー源16の両方に任意の流量で供給することができる。ま

この後試料6を後処理用チャンバー2から取り出し、別途用意した純水処理用の流水中に試料6を20分間保持した。最後に試料6を破断し、断面をSEM観察した結果、幅約 $0.46 \mu\text{m}$ 、高さ $1.2 \mu\text{m}$ の矩形断面を有するFe-Si-Al合金のラインパターン形成が実現した。しかも後処理工程と純水処理工程を採用した結果、サファイア基板にはエッチング残留物が観察されなかった。本検討の再現性は非常によい。また、Fe-Si-Al合金のエッチングレートとしては約 $1200 \text{ \AA/min}$ と非常に高い値(従来技術の約4倍)が得られており、本発明のエッチング装置及びエッチング方法は、非常に有効であることが確認された。

なお、本実施例においては、エッチング装置系に試料準備室23を接続した例を示したが、試料準備室が接続されていないエッチング装置系を用いても、各チャンバーの到達真空度が若干低下するだけでエッチングの特性自体に大きな問題はない。

#### 実施例2

た該不活性ガス15は、ガス導入機構11'を介して、前記塩素系ガスと混合されイオンシャワー源16に供給されている。さらに後処理用チャンバー2中の基板7には、試料加熱用のヒーター3が装着されており、試料温度を $150^\circ\text{C}$ から $500^\circ\text{C}$ の範囲で試料昇温が可能である。

このような概略の装置を用いてエッチングを行った結果を次に示す。今回は、以下の構成で検討を行った。

真空排気機構4	ロータリーポンプ(荒引き用)
	ターボ分子ポンプ
真空排気機構4'	ロータリーポンプ
	メカニカルブースターポンプ
	ディフュージョンポンプ
試料6	実施例1と同じ
塩素系ガス9	実施例1と同じ
混合ガス	60%四塩化炭素
	40%アルゴン

まずエッチング用チャンバー1内で試料6を真空中で昇温し、その温度に保持したまま、塩素系ガス9

を用いた反応性分子ビームエッチングを行う。これは第1のエッチングである。エッチング条件を次に示す。

到達真空度	$5 \times 10^{-10}$ torr
四塩化炭素ガス流量	20SCCM
四塩化炭素ガス圧	$1 \times 10^{-4}$ torr
分子ビーム入射角	$0^\circ$
試料温度	$350^\circ\text{C}$
エッチング時間	10分

次に試料を移動する機構12を用い、接続部分5を通過して後処理チャンバー2に試料6を移した。後処理としては、抵抗加熱による試料昇温下で、前記混合ガスを用いた低加速電圧イオンシャワーによる軽度のエッチングを行った。後処理条件を次に示す。

到達真空度	$5 \times 10^{-7}$ torr
四塩化炭素ガス流量	15SCCM
アルゴンガス流量	10SCCM
ガス圧	$2 \times 10^{-4}$ torr
イオン加速電圧	200V

種を用いてもほとんど同等の効果が得られた。また、本実施例においては、エッチング装置系に試料準備用チャンバー23を接続した例を示したが、試料準備室が接続されていないエッチング装置系を用いても、到達真空度が若干低下するだけでエッチング特性自体には大きな問題はない。

### 実施例3

実施例3において用いた装置は第3図に示すごときものである。本図は装置を上方から見た模式図である。装置は大まかには、実施例2のエッチング装置から試料準備用チャンバー23を除き、純水処理用チャンバー17を新たに接続した形態を有している。つまり装置は大きく分けて、エッチング用チャンバー1、後処理用チャンバー2、純水処理用チャンバー17の各チャンバーと、前記各チャンバーに接続された真空排気機構4、4'、4''及び接続部分5、5'から構成されている。また各チャンバー内には試料6を保持する基板7が設けられている。エッチング用チャンバー1の壁面の試料を望む位置には電子銃18が設けられており、走査照射により

イオン電流密度	$0.1\text{mA}/\text{cm}^2$
イオンシャワー入射角	$0^\circ$
試料温度	$350^\circ\text{C}$
イオンシャワー照射時間	4分

この後試料6を後処理用チャンバー2から取り出し、別途用意した純水処理用の超音波洗浄槽中に試料6を4分間保持し純水超音波処理を行った。最後に試料6を破断し、断面をSEM観察した結果、幅約 $0.49\mu\text{m}$ 、高さ $1.2\mu\text{m}$ のほぼ矩形断面を有するFe-Si-Al合金のラインパターン形成が実現した。しかもサファイア基板にはエッチング残留物が観察されなかった。本検討の再現性は非常によい。また、エッチングレートとしてはこの場合も約 $1200\text{\AA}/\text{min}$ と非常に高い値が得られており、本発明のエッチング装置及びエッチング方法は、有効であることが確認された。

本実施例においては、イオンシャワー用の混合ガスにアルゴンを添加した例を示したが、不活性ガス15として、アルゴン以外のネオン、ヘリウム、クリプトン、キセノンのうちの少なくとも一

試料6表面を昇温できるようになっている。さらにエッチング用チャンバー1の試料6を望むことのできる壁面には、塩素系ガス9により試料6をエッチングする機構として、分子ビーム源14が装着されている。後処理用チャンバー2の試料6を望むことのできる壁面には、塩素系ガスを主成分としアルゴン、ネオン、ヘリウム等の不活性ガス15を添加した混合ガスを用いる、低加速電圧制御対応型イオンシャワー照射機構として、イオンシャワー源16が装着されている。ここで塩素系ガスはガス導入機構11を介して、分子ビーム源14とイオンシャワー源16の両方に任意の流量で供給することができる。また該不活性ガス15は、ガス導入機構11'を介して、前記塩素系ガスと混合されイオンシャワー源16に供給されている。さらに後処理用チャンバー2中の基板7には、試料加熱用のヒーター3が装着されており、試料温度を $150^\circ\text{C}$ から $500^\circ\text{C}$ の範囲で試料昇温が可能である。純水処理用チャンバー17には純水導入機構19、排水機構20、超音波印加機構21、真空排気機構4''が接続されており、

超音波を印加した純水中での試料6の保持が可能になっている。また試料6は試料を移動する機構12を用いることにより、接続部分5、5'を通過して、各チャンパー間を真空を保ったまま移動することができる。

このような概略の装置を用いてエッチングを行った結果を次に示す。今回は、以下の構成で検討を行った。

真空排気機構4 ... 実施例2と同じ  
 真空排気機構4' ... 実施例2と同じ  
 真空排気機構4'' ... ロータリーポンプ  
 試料6 ... サファイアウェハー上に  
 1.2 $\mu$ m厚スパッタ成膜した  
 Fe-Si-Al合金薄膜。  
 マスクパターンはSiO<sub>2</sub>製  
 で、幅1 $\mu$ m、厚さ1 $\mu$ m

塩素系ガス9 ... 実施例1と同じ  
 混合ガス ... 実施例2と同じ  
 まずエッチング用チャンパー1内で試料6を真空中で昇温し、その温度に試料を維持しつつ引き続いて

イオン電流密度 ... 0.1mA/cm<sup>2</sup>  
 イオンシャワー入射角 ... 0°  
 試料温度 ... 350°C  
 エッチング時間 ... 5分

次に試料を移動する機構12を用い、接続部分5'を通過して純水処理用チャンパー17に試料6を移した。純水処理用チャンパーでは窒素リークを行い、その後純水をチャンパー内に導入し、純水中に浸漬した試料に超音波を印加した。純水処理条件を次に示す。

水温 ... 25°C  
 超音波印加時間 ... 4分

この後試料6を純水処理用チャンパー17から取り出し、最後に破断面をSEM観察した結果、幅約0.95 $\mu$ m、高さ1.2 $\mu$ mのはは矩形断面を有するFe-Si-Al合金のラインパターン形成が実現した。しかもサファイア基板にはエッチング残留物が観察されなかった。本検討の再現性は非常によい。また、エッチングレートとしてはこの場合も約1100Å/minと非常に高い値が得られており、本発明

で塩素系ガス9を用いた反応性分子ビームエッチングを行う。これは第1のエッチングである。エッチング条件を次に示す。

到達真空度 ... 1 $\times 10^{-8}$ torr  
 四塩化炭素ガス流量 ... 20SCCM  
 四塩化炭素ガス圧 ... 1 $\times 10^{-4}$ torr  
 分子ビーム入射角 ... 0°  
 試料温度 ... 350°C  
 エッチング時間 ... 11分

次に試料を移動する機構12を用い、接続部分5を通過して後処理用チャンパー2に試料6を移した。後処理としては、抵抗加熱による試料昇温下で、前記混合ガスを用いた低加速電圧イオンシャワーによる軽度のエッチングを行った。これは第2のエッチングである。後処理条件を次に示す。

到達真空度 ... 1 $\times 10^{-6}$ torr  
 四塩化炭素ガス流量 ... 15SCCM  
 アルゴンガス流量 ... 10SCCM  
 ガス圧 ... 2 $\times 10^{-4}$ torr  
 イオン加速電圧 ... 200V

のエッチング装置及びエッチング方法は、有効であることが確認された。

本実施例においては、イオンシャワー用の混合ガスにアルゴンを添加した例を示したが、不活性ガス15として、アルゴン以外のネオン、ヘリウム、クリプトン、キセノンのうちの少なくとも一種を用いてもほとんど同等の効果が得られた。また純水処理用チャンパーが接続される、エッチング用チャンパーと後処理用チャンパーとして、実施例1に示す構成のものを接続した場合の装置模式図を第4図に示すが、この構成の装置においても前記実施例3と同等の検討結果が得られている。

#### 実施例4

実施例4において用いた装置は第5図に示すごときものである。本図は装置を上方から見た模式図である。エッチング用チャンパー1、後処理用チャンパー2、前記各チャンパーに接続された真空排気機構4、4'及び接続部分5、試料6を保持する基板7は実施例2と同様である。後処理用チャンパー2の壁面の、試料を望む位置には石英窓が設けられてお



## ディフュージョンポンプ

このような概略の装置を用いてエッチングを行った結果を次に示す。今回は、以下の構成で検討を行った。

試料温度 ..... 350°C  
エッチング時間 ..... 11分

到達真空度	$5 \times 10^{-5} \text{ torr}$
四塩化炭素ガス流量	30SCCM
四塩化炭素ガス圧	3Pa
試料温度	350°C
処理時間	11分

水溫 ..... 25°C  
超音波印加時間 ..... 4分

塩素系ガス9 ... 実施例1と同じ  
 ズエッチング用チャンバー1内で試料6を真空中  
 昇温し、引き続いて塩素系ガス9を用いた反応性  
 オンビームエッチングを行う。エッチング条件  
 次に示す。

この後試料6を後処理用チャンバー2から取り出し、最後に破断面をSEM観察した結果、幅約1.17 $\mu\text{m}$ 、高さ1.2 $\mu\text{m}$ のはほぼ矩形断面を有するFe-Si-Al合金のラインパターン形成が実現した。しかもサファイア基板にはエッチング残留物が観察されなかった。本検討の再現性は非常によい。また、エッチングレートとしてはこの場合も約1100 $\text{\AA}/\text{min}$ と非常に高い値が得られており、本発明のエッチング装置及びエッチング方法は、有効であることが確認された。

①試料加熱方法あるいは試料加熱機構としてはここに示した例に限るものではなく、赤外線ランプの照射による加熱、レーザー光の照射による加熱、電子ビーム等の粒子ビームの照射による加熱、抵抗加熱、等の他の方法や機構あるいは、それらを複合した方法や機構を用いてもよい。

②塩素系ガスとしてはここに示した四塩化炭素ガスに限るものではなく、塩素、C-Cl-H系ガス、C-Cl-F系ガス、 $\text{BCl}_3$ ガス、B-Cl-H系ガス、B-Cl-F系ガス、 $\text{ClF}_3$ ガス、塩化水素等の他のガスあるいはそれらを混合したものを用いてもよい。

③反応性エッチング方法としてはここに示した例に限るものではなく、該ガスを用いた高周波プラズマ中に該試料を保持する方法、該ガスの分子を圧力差により該試料に噴射する方法、イオン化した該ガスを電界により加速し、ビーム状に該試料に照射する方法、等の他の方法あるいは、それらを複合した方法を用いてもよい。

④真空排気機構は当然のことであるが、ここに示した例に限るものではなく、要求される到達真空度に応じて、クライオポンプ等の他のポンプを用いてもよい。

⑤被エッチング試料としては、ここではFe-Si-Al合金をエッチングした例を示したが、他のFeを含む物質、例えば純鉄、フェライト、窒化鉄等の材料をエッチングすることも可能である。また、Fe

を含まない物質であっても、昇温することにより蒸気圧がFeの塩化物程度に上昇する物質であれば、エッチングすることが可能であるのは当然のことである。

(発明の効果)

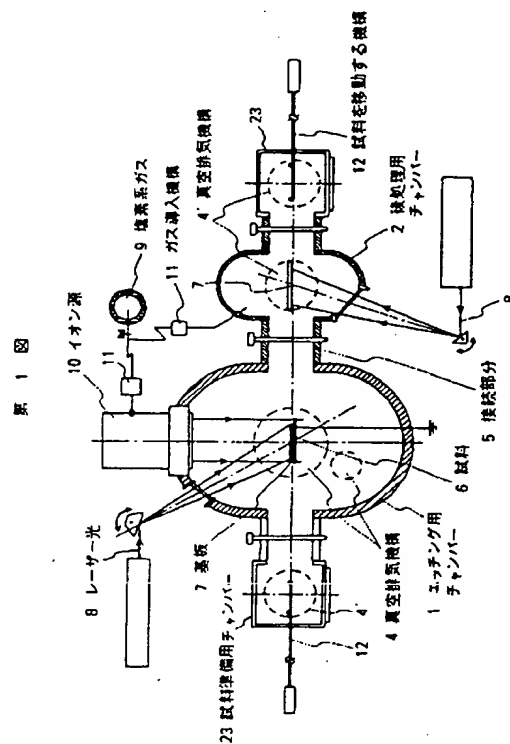
以上の様に本発明のFeを含む物質のエッチング方法およびエッチング装置を用いることにより、エッチングレートが小さいという従来の方法の問題点を解決し、薄膜磁気ヘッド作製時の問題となっている、スループットの大幅な向上が可能となる。また、狭パターンの矩形断面を実現できるため、記録密度向上が期待できる。さらに従来技術で問題のあった、エッチング後の残留物を完全に除去できるため、耐環境性に優れた薄膜磁気ヘッドの作製が可能となる。また、残留物がないことから、磁気ヘッド作製時の磁気特性の向上が期待できる。

図面の簡単な説明

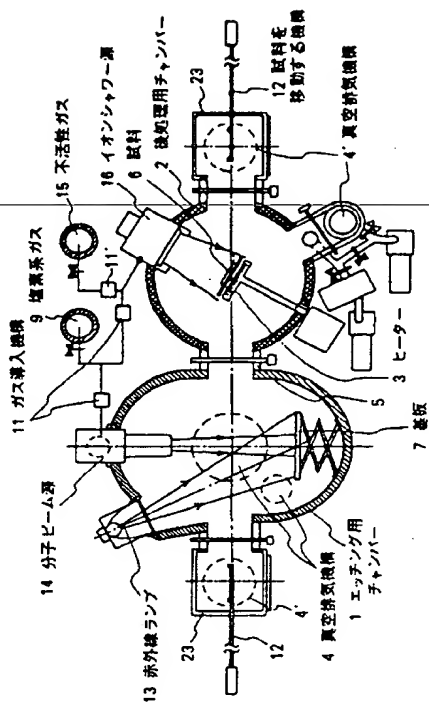
第1図から第5図は、本発明の実施例を説明するためのエッチング装置の模式図である。第6図は、

従来の方法によるパターン変換差を示した図である。第7図は、反応性イオンエッチング装置の断面図である。第8図は、Fe-Si-Al合金のエッチングレートと温度の関係図である。第9図は、本発明者が検討に用いた各種のチャンパー構成の模式図である。図中、1:エッチング用チャンパー、2:後処理用チャンパー、3:ヒーター、4,4':真空排気機構、5,5':接続部分、6:試料、7:基板、8:レーザー光、9:塩素系ガス、10:イオン源、11,11':ガス導入機構、12:試料を移動する機構、13:赤外線ランプ、14:分子ビーム源、15:不活性ガス、16:イオンシャワー源、17:純水処理用チャンパー、18:電子銃、19:純水導入機構、20:排水機構、21:超音波印加機構、22:隔極板、23:試料準備用チャンパー

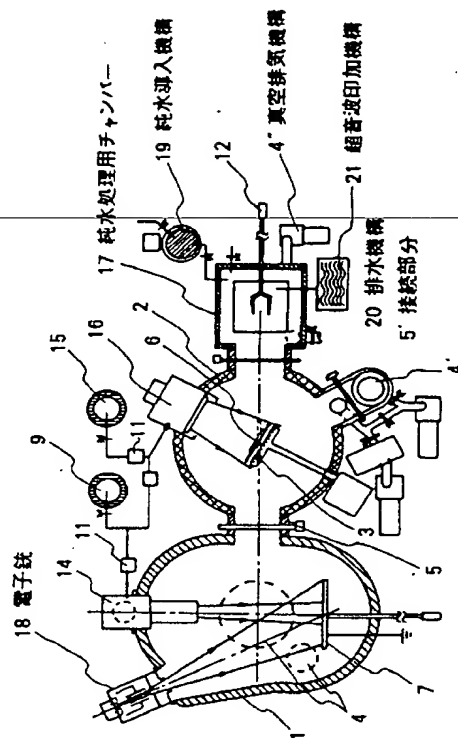
代理人 弁理士 内原 晋



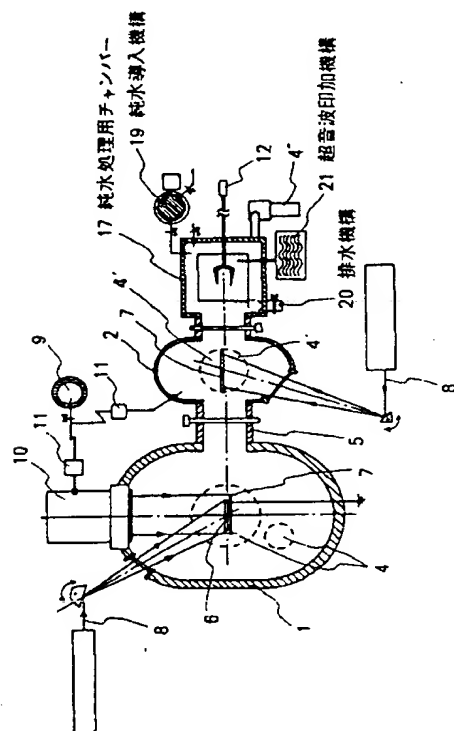
第 2 図



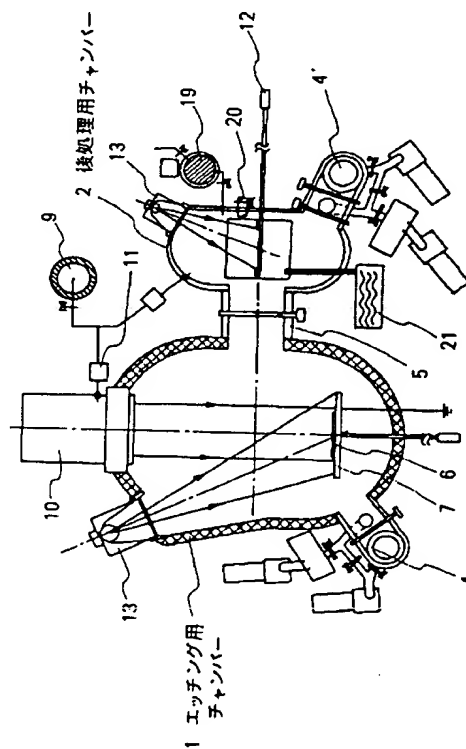
第 3 図



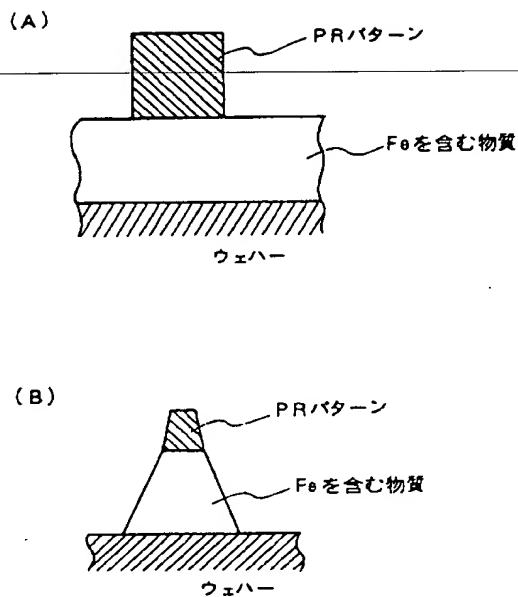
第 4 図



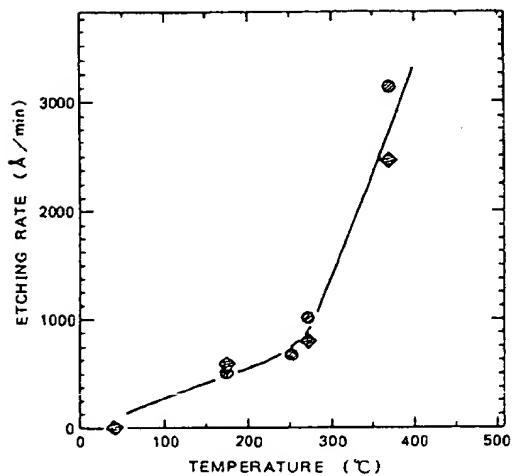
第 5 図



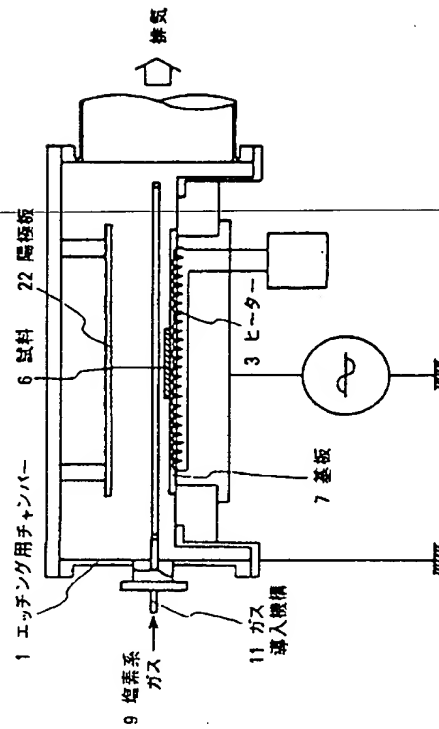
第 6 図



第 8 図



第 7 図



第 9 図

